

УДК 681.518.54:623.4

[https://doi.org/1034169/2414-0651.2021.3\(31\).12-20](https://doi.org/1034169/2414-0651.2021.3(31).12-20)

Б. М. ЛАНЕЦЬКИЙ, доктор технічних наук, професор
orcid.org/0000-0001-5889-0307

В. В. ЛУК'ЯНЧУК, доктор технічних наук,
старший науковий співробітник
orcid.org/0000-0001-5695-7723

І. М. НІКОЛАЄВ, кандидат технічних наук,
старший науковий співробітник
orcid.org/0000-0002-1250-9918
(Харківський національний університет
Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків)

О. В. ЗУБАРЄВ, кандидат технічних наук,
старший науковий співробітник
<https://orcid.org/0000-0001-5590-7660>
(Державна компанія "Укрспецекспорт", м. Київ)

МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНЮВАННЯ ВАРТОСТІ ЗЕНІТНОГО РАКЕТНОГО КОМПЛЕКСУ НА РІЗНИХ СТАДІЯХ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ

Представлена типова структура вартості життєвого циклу зенітного ракетного комплексу та описані характерні завдання в області техніко-економічної ефективності, що вирішуються на різних стадіях життєвого циклу виробу. Проаналізовані основні стадії життєвого циклу зенітного ракетного комплексу та розроблений методичний підхід, який може бути покладений в основу формування методики оцінювання вартості життєвого циклу зенітного ракетного комплексу, до складу якого входить велике число бойових і технічних засобів. Наведені розрахункові співвідношення для оцінювання вартості зенітного ракетного комплексу на різних стадіях життєвого циклу. Показано, що залежно від повноти і достовірності початкових даних, необхідних для оцінювання вартості життєвого циклу зенітного ракетного комплексу, доцільно використовувати комбінацію аналого-порівняльного і калькуляційного методів.

Ключові слова: життєвий цикл, стадія життєвого циклу, вартість життєвого циклу, зенітний ракетний комплекс, метод, методика.

ВСТУП

В даний час в розвинених країнах світу упроваджується практика укладення контрактів життєвого циклу (ЖЦ), коли з підприємствами промисловості для оптимізації витрат укладаються довгострокові контракти на розробку, виробництво, супроводження при експлуатації, ремонт, сервісне обслуговування та утилізацію складних наукоємних зразків озброєння і військової техніки (ОВТ) [1 – 12]. У англійській літературі ці витрати називаються витратами на підтримку ЖЦ зразка ОВТ і позначаються аббревіатурою Life Cycle Cost (LCC) [8, 9].

Сучасні зенітні ракетні комплекси (ЗРК) відносяться до складних наукоємних виробів ОВТ з тривалим терміном служби. У зв'язку з цим рішення про розробку, виробництво і закупівлю ЗРК конкретного типу повинні ухвалюватися на основі техніко-економічного оцінювання сумарної вартості придбання, володіння і утилізації виробу. Тому оцінка вартості ЖЦ є найважливішим етапом підтримання рішення про розробку (закупівлю) ЗРК. При цьому точність розрахунків і об'єктивність цієї оцінки дозволяє ухвалити обґрунтоване рішення про доцільність участі в розробці і виробництві ЗРК конкретного типу при заданих обмеженнях фінансових та інших ресурсів з оцінкою можливих ризиків.

Висока вартість і технологічна складність сучасних ЗРК обумовлює необхідність вдосконалення науково-методичного підходу до оцінювання вартості ЖЦ ЗРК, який має враховувати як ресурсні і часові обмеження, так і необхідність підвищення якості та ефективності виробів, що створюються.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ПУБЛІКАЦІЙ І ДОСЛІДЖЕНЬ

Питанням розробки, створення і впровадження елементів системи управління, розробки методів і моделей оцінювання вартості ЖЦ продукції військового призначення присвячена велика кількість публікацій, які розкривають існуючу проблематику та досліджують шляхи її вирішення [1 – 18]. Проте, як показав проведений аналіз, в наявній вітчизняній і зарубіжній науковій літературі не знайшли адекватного віддзеркалення питання, пов'язані з обґрунтуванням (оцінкою) вартості ЗРК на різних стадіях його ЖЦ. У зв'язку з цим подальші дослідження у цьому напрямку є актуальними. В основу цих досліджень покладені структура життєвого циклу ЗРК середньої дальності та модель вартості його ЖЦ, які наведені в [19 – 22].

Метою статті є удосконалення методичного підходу до оцінювання вартості життєвого циклу ЗРК залежно від стадії його життєвого циклу.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Вартість ЖЦ ЗРК є сумою витрат, які проведені або плануються впродовж повного ЖЦ виробу, починаючи від досліджень з обґрунтування розробки (задуму) до утилізації останнього екземпляра ЗРК.

Оцінювання (аналіз) вартості ЖЦ ЗРК здійснюється з метою отримання початкових даних для вироблення рішень, що приймаються замовником та/або розробником (виробником, постачальником) на всіх або окремих стадіях

ях (етапах) ЖЦ виробу. На основі цих даних вирішується завдання вибору варіанту ЖЦ ЗРК, який забезпечуватиме найбільшу ефективність ЗРК за весь розрахунковий період. Завданнями оцінювання вартості ЖЦ ЗРК є:

- оцінка витрат, які здійснюють найбільш істотний вплив на вартість ЖЦ ЗРК або представляють особливий інтерес для вирішення певних завдань;
- оцінка і оптимізація витрат на створення, розвиток і забезпечення заданих вимог до ЗРК на різних стадіях ЖЦ;
- порівняльна оцінка варіантів технічних і технологічних рішень та вибір найбільш ефективного варіанту, при якому забезпечується досягнення необхідних показників ефективності ЗРК при мінімізації витрат на створення і експлуатацію виробу.

Оцінка вартості ЖЦ ЗРК здійснюється замовником при [10, 11]:

- обґрунтуванні пропозицій в Державне оборонне замовлення;
- ухваленні рішення про заключення контракту на розробку (закупівлю) ЗРК;
- виборі системи технічної експлуатації (СТЕ) ЗРК, включаючи матеріально-технічне забезпечення його експлуатації;
- плануванні бюджетних витрат на експлуатацію і модернізацію ЗРК;
- ухваленні рішень про заміну, відновлення, продовження термінів експлуатації або списання ЗРК.

Аналіз вартості повного ЖЦ ЗРК здійснюється розробником (виробником, постачальником) при [10, 11]:

- виборі конструктивних рішень на стадії розробки ЗРК;
- виборі технологій, що мають використовуватися на стадії виробництва складових частин ЗРК;
- обґрунтуванні доцільності доопрацювання існуючих або розробки нових ЗРК;
- визначенні експлуатаційно-технічних характеристик, що визначають конкурентоспроможність ЗРК;
- виборі стратегій застосування, експлуатації, випробувань, технічного обслуговування і ремонту ЗРК та/або його складових частин;
- виборі організаційно-технічних рішень при формуванні системи сервісного обслуговування ЗРК, поставлених замовнику;
- підготовці пропозицій і тендерних заявок потенційним замовникам ЗРК.

Вартість повного ЖЦ ЗРК складається з витрат, пов'язаних з ресурсами, необхідними для здійснення певної діяльності, що відноситься до виробу, його складової частини або компоненту підтримуючої інфраструктури. Для оцінювання вартості повного ЖЦ ЗРК формується загальний перелік статей витрат, який повинен включати всі витрати, пов'язані з вирішуваними завданнями економічного аналізу. У загальному випадку при обґрунтуванні (оцінці) вартості ЖЦ ЗРК повинні враховуватися витрати на виконання наступних робіт [3, 5, 15, 19]:

- виконання досліджень по обґрунтуванню оперативного-тактичних вимог та концепції створення ЗРК;
- виконання проектних і конструкторських робіт з підтвердження технічної реалізуємості концепції створення

ЗРК (адаптація створеного фундаментального науково-технічного заділу стосовно ЗРК, що розробляється, розробка аванпроекту);

- виконання досліджень з обґрунтування вимог до основних тактико-технічних (ТТХ) і експлуатаційно-технічних (ЕТХ) характеристик ЗРК, що задаються в тактико-технічному завданні (ТТЗ) на дослідно-конструкторську роботу (ДКР);
- виконання ескізного і технічного проєктів ЗРК;
- розробка робочої конструкторської документації (РКД);
- проведення попередніх і державних (міжвідомчих) випробувань ЗРК;
- освоєння виробництва та випуск установчої партії ЗРК;
- серійне виробництво ЗРК;
- експлуатація ЗРК протягом встановленого терміну служби;
- модернізація ЗРК;
- зняття з виробництва, зняття з експлуатації, зберігання на базах резерву і утилізація ЗРК або його складових частин.

Для оцінювання (аналізу) вартості ЗРК конкретного типу на стадії «експлуатація» повинні бути визначені [10, 11]:

- перелік (номенклатура і кількість) матеріальних об'єктів ЗРК;
 - перелік видів діяльності, що мають здійснюватися при підготовці до застосування і застосуванні ЗРК за призначенням, підтриманні ЗРК в справному стані;
 - перелік ресурсів, що мають використовуватися для здійснення всіх необхідних видів діяльності.
- У перелік матеріальних об'єктів ЗРК мають входити:
- бойові і технічні засоби ЗРК конкретного типу, їх складові частини та компоненти;
 - запасні частини (деталі, вузли і складальні одиниці, що замінюються в ході ремонту на стадії експлуатації);
 - обладнання для обслуговування і ремонту або утилізації ЗРК та його складових частин;
 - тренажери і навчальні системи (обладнання і учбові матеріали, необхідні для навчання і підготовки командного та технічного персоналу);
 - керівництво з експлуатації, каталоги, ремонтна документація тощо;
 - засоби упаковки, транспортування і зберігання;
 - елементи інфраструктури, необхідні для функціонування і обслуговування ЗРК.

У перелік видів діяльності повинні входити:

- зберігання, транспортування ЗРК до місця дислокації;
- збірка і монтаж (розгортання) ЗРК на місці дислокації;
- застосування ЗРК за призначенням;
- технічне обслуговування ЗРК при експлуатації;
- матеріально-технічне забезпечення;
- проведення випробувань;
- навчання командного і інженерно-технічного персоналу;
- виведення ЗРК з експлуатації;
- утилізація ЗРК;

- інші види діяльності.

Кожен з перерахованих видів діяльності може бути, у свою чергу, деталізований і структурований стосовно ЗРК конкретного типу.

У перелік ресурсів, які використовуються, повинні бути включені ресурси, необхідні для здійснення всіх видів діяльності впродовж ЖЦ ЗРК. До цих ресурсів відносяться [10, 11]:

- персонал (військовослужбовці і цивільні особи, що беруть участь в забезпеченні функціонування ЗРК, його обслуговуванні і ремонті, а також особи, що забезпечують бойову готовність, здійснюють підготовку особового складу і виконуючі адміністративні функції);

- обладнання, необхідне для забезпечення застосування ЗРК за призначенням, технічного обслуговування, транспортування, ремонту зберігання і утилізації;

- витратні матеріали (паливно-мастильні матеріали, неремонтовані запасні частини, а також енергія, що витрачається);

- компоненти інфраструктури (будівлі, дороги, військові бази та інші об'єкти, необхідні для підтримки експлуатації ЗРК);

- послуги зовнішніх організацій (наприклад, послуги транспортування);

- інформаційні ресурси.

Оцінювання вартості ЖЦ ЗРК повинне включати наступні етапи:

- вибір (розробка) моделі вартості ЖЦ ЗРК;

- підготовка (збір, отримання) початкових даних для визначення всіх основних елементів витрат, включених в модель ЖЦ ЗРК;

- оцінювання вартості ЖЦ ЗРК для всіх типових моделей експлуатації, технічного обслуговування, ремонту і утилізації ЗРК;

- документальне оформлення і аналіз результатів оцінювання вартості ЖЦ ЗРК;

- коригування (при необхідності) початкових даних і повторення розрахунків.

В основу оцінювання (аналізу) вартості ЗРК конкретного типу повинна бути покладена сегментація його ЖЦ на стадії, кожна з яких відповідає певному стану ЗРК при еволюції [19, 20]. До них відносяться стадії: 1) задуму (обґрунтування необхідності розробки); 2) розробки; 3) виробництва; 4) експлуатації (використання виробу за призначенням); 5) підтримки виробу в справному стані; 6) утилізації.

Оцінювання вартості може проводитися як для всього ЖЦ ЗРК, так і для окремих його стадій і етапів, а також для конкретних часових інтервалів ЖЦ або окремих подій ЖЦ із застосуванням кількісних методик і інструментів прогнозування матеріальних, трудових, грошових, енергетичних та інших ресурсів, необхідних на відповідних стадіях ЖЦ. Стадії, етапи, часові інтервали і події ЖЦ ЗРК вибираються залежно від набору вирішуваних завдань.

При цьому слід враховувати, що на різних стадіях ЖЦ залежно від рівня складності і новизни ЗРК виникає різний ступінь невизначеності у формуванні вартості ЖЦ, яка обумовлена відсутністю або наявністю певних даних, необхідних для проведення розрахунків на певних стадіях. Основними чинниками, що роблять істотний

вплив на ступінь невизначеності прогнозованої вартості ЖЦ ЗРК, є [15, 19]:

- складність визначення очікуваних витрат на створення складових частин і комплектуючих виробів ЗРК з високим ступенем новизни (по яких ведуться дослідно-конструкторські роботи);

- багатовимірність і складність взаємозв'язків складових частин і комплектуючих виробів ЗРК;

- наявність безлічі можливих варіантів технічних рішень на кожному етапі створення складових частин і комплектуючих виробів ЗРК;

- внесення конструктивних і технологічних змін в процесі створення складових частин і комплектуючих виробів ЗРК.

Найбільш високий ступінь невизначеності в оцінці вартості ЖЦ має місце на стадії задуму унаслідок обмеженості інформації про майбутній обрис і технічні характеристики створюваного ЗРК. У міру наближення ЗРК до утилізації цей рівень невизначеності істотно знижується. У зв'язку з цим для оцінювання вартості ЖЦ ЗРК доцільне застосування орієнтовної (уточнюваної) ціни, для оцінки якої на різних стадіях ЖЦ можуть використовуватися різні методи [13, 14, 18, 19]. Ці методи повинні дозволяти отримувати точнішу оцінку вартості ЗРК у міру його просування від стадії задуму до стадії утилізації. Вибір методу для оцінювання (аналізу) вартості ЖЦ ЗРК залежить від повноти початкових даних і трудомісткості їх формування. При необхідності можуть використовуватися одночасно декілька методів або їх комбінація.

Практика проєктування інноваційних продуктів різного призначення показує, що на стадіях задуму і розробки для оцінювання вартості ЖЦ ЗРК можуть використовуватися аналого-порівняльний, параметричний та інші методи, які дозволяють сформувати необхідні цільові економічні показники [13, 14]. Аналого-порівняльний метод заснований на використанні даних про вартість аналогічних статей витрат для схожих ЗРК або технологій їх розробки та виробництва. При цьому повинні використовуватися статистичні дані, скоректовані з урахуванням зростання цін, вдосконалення технологій тощо. Цей метод рекомендується застосовувати для складових частин ЗРК, по яких є реальні дані з попереднього досвіду їх розробки, виготовлення і використання. На ступінь точності цього методу робить істотний вплив об'єктивність і глибина аналогії порівнюваних виробів і витрат.

На стадіях виробництва, експлуатації і утилізації, на яких доступні детальні дані, що характеризують можливі витрати, основним методом оцінювання вартості ЖЦ ЗРК є інженерний (калькуляційний) метод. Джерелом цих даних є відомості з конструкторської, експлуатаційної і ремонтної документації, нормативи витрати ресурсів, отримані на основі розрахунків або встановлені досвідченим шляхом, відомості щодо вартості комплектуючих виробів та їх експлуатації, що надаються постачальниками цих виробів.

Вартість ЖЦ ЗРК $C_{ЖЦЗРК}$ складається з вартостей ЖЦ його складових частин (бойових і технічних засобів), розподілених за стадіями ЖЦ [19]:

$$C_{ЖЦ\ ЗРК} = \sum_{j=1}^M C_{ЖЦ\ j} = \sum_{j=1}^M (C_{Зад\ j} + C_{Розр\ j} + C_{Вироб\ j} + C_{Екс\ j} + C_{ПРС\ j} + C_{Ум\ j}), \quad (1)$$

де M – кількість складових частин ЗРК, $C_{ЖЦ\ j}$ – вартість ЖЦ j -ої складової частини, яка складається з вартостей стадії задуму $C_{Зад\ j}$, розробки $C_{Розр\ j}$, виробництва $C_{Вироб\ j}$, експлуатації $C_{Екс\ j}$, підтримання в працездатному стані $C_{ПРС\ j}$ й утилізації $C_{Ум\ j}$.

Стадії задуму і розробки зазвичай об'єднують в одну стадію розробки. В цьому випадку вартість життєвого циклу ЗРК розраховується за формулою:

$$C_{ЖЦ\ ЗРК} = C_{Розр} + C_{Вироб\ j} + C_{Екс} + C_{Ум}. \quad (2)$$

Вартість ЖЦ ЗРК оцінюється за програмний період $T_{ПР}$, тривалість якого визначається таким чином:

$$T_{ПР} = T_{Розр} + T_{Вироб} + T_{Екс} + T_{Ум}, \quad (3)$$

де $T_{Розр}$ – час розробки ЗРК (від початку дослідження концепції до завершення державних випробувань); $T_{Вироб}$ – час серійного виробництва ЗРК від першого до останнього зразка; $T_{Екс}$ – час експлуатації ЗРК до передачі останнього з них на базу зберігання; $T_{Ум}$ – час утилізації ЗРК.

Вартість кожної стадії ЖЦ ЗРК може оцінюватися аналого-порівняльним та/або калькуляційним методами залежно від наявності і повноти даних, необхідних для вирішення цього завдання на відповідній стадії. Нижче приводяться розрахункові співвідношення, які можуть бути використані для оцінювання вартості ЗРК на окремих стадіях ЖЦ.

Зокрема, вартість стадії розробки може бути оцінена за величиною витрат на науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи (НДДКР) $C_{НДДКР}$ за формулою [17]:

$$C_{НДДКР} = C_{ДКР} (1 + K_{НДР}), \quad (4)$$

де $C_{ДКР}$ – повна вартість виконання ДКР, в забезпечення якої виконувалася НДР; $K_{НДР}$ – питома вага вартості виконання НДР (аванпроекта) у вартості ДКР-аналога ($K_{НДР} = 0,05...0,1$).

Вартість $C_{ДКР}$ визначається матеріальними витратами на ДКР $C_{Мам}$, витратами на заробітну плату $C_{ЗП}$ додатковими витратами $C_{Дод}$ і вартістю робіт контрагентів з виконання ДКР $C_{Ко}$:

$$C_{ДКР} = C_{Мам} + C_{ЗП} + C_{Дод} + C_{Ко}, \quad (5)$$

де витрати $C_{Мам}$ включають прямі витрати на матеріали і купувальні вироби, а також витрати на спеціальне устаткування для наукових (експериментальних) робіт, витрати $C_{ЗП}$ включають прямі витрати на основну і додаткову заробітну плату виробничого персоналу, включаючи преміальні надбавки і витрати на соціальне страхування, а витрати $C_{Дод}$ включають витрати по обслуговуванню і управлінню (накладні витрати), виробничі (прямі) витрати на відрядження та ін.

Крім того, у вартості $C_{ДКР}$ повинні бути враховані витрати на дослідне виробництво ЗРК, які складаються з наступних витрат [17]:

- на експериментальні роботи по відробітку конструкції складових частин ЗРК;

- на виготовлення дослідного зразка ЗРК для проведення попередніх і державних випробувань;

- на проведення випробувань і доопрацювання ЗРК за наслідками випробувань.

Оцінка (розрахунок) витрат на заробітну плату проводиться за статтями калькуляції, при цьому основна заробітна плата приймається пропорційно трудомісткості виконання ДКР [17]:

$$C_{ЗП} = C_{норм} \Sigma T, \quad (6)$$

де $C_{норм}$ – вартість однієї нормо-години; ΣT – сумарна трудомісткість виконання ДКР (сукупність витрат праці на проектування, виготовлення макету, необхідної кількості дослідних зразків, оснащення і стендів, проведення конструктивних доопрацювань на етапі випробування і коригування конструкторської документації).

Вартість серійного виробництва ЗРК визначається вартістю серійного виробництва його складових частин:

$$C_{Вироб\ ЗРК} = \sum_{j=1}^M C_{Вироб\ j}. \quad (7)$$

Вартість серійного виробництва j -ої складової частини (СЧ) складається з витрат власного виробництва ($C_{Вл\ j}$), вартості комплектуючих виробів ЗРК ($C_{КВ\ j}$), а також з інших витрат ($C_{Ін\ j}$):

$$C_{Вироб\ j} = C_{Вл\ j} + C_{КВ\ j} + C_{Ін\ j}. \quad (8)$$

Значення цих вартостей приймаються відповідно до діючих усереднених нормативів на підставі відробітку наявної статистичної інформації. Для прогнозування витрат на виробництво ЗРК може використовуватися параметрична модель, побудована екстраполяційно-статистичним методом на базі даних про вартість виробництва раніше випущених типів ЗРК.

Вартість експлуатації ЗРК визначається вартістю експлуатації його складових частин. Під вартістю експлуатації ЗРК розуміються витрати, направлені на підтримку бойових та технічних засобів ЗРК в справному стані і на підготовку ЗРК до застосування за призначенням. Основними видами витрат на експлуатацію ЗРК є витрати [19]:

- на засоби технічного забезпечення (ЗТЗ) експлуатації ЗРК ($C_{ЗТЗ}$);

- на учбово-технічні засоби ($C_{УТЗ}$) (УТЗ);

- на підготовку особового складу ($C_{Пос}$);

- на доставку складових частин ЗРК до місця проведення стикувальних робіт, настройку складових частин у складі ЗРК та ЗРК в цілому, залагодження бойового розрахунку і проведення контрольної стрільби на полігоні, доставку ЗРК до місця експлуатації ($C_{Дост}$);

- на застосування ЗРК за призначенням ($C_{ЗПР}$);

- на технічні обслуговування та ремонт складових частин ЗРК ($C_{Рем}$).

Початковими даними для оцінки витрат на ЗТЗ є:

- загальна кількість номенклатур ЗТЗ, які необхідні для забезпечення експлуатації ЗРК;

- кількість ЗТЗ q -ої номенклатури ($q = \overline{1, Q}$), необхідних для забезпечення експлуатації ЗРК;
 - загальні витрати на придбання (покупку, виробництво) і введення в експлуатацію ЗТЗ q -ої номенклатури;
 - термін служби ЗТЗ q -ої номенклатури;
 - річні витрати на експлуатацію ЗТЗ q -ої номенклатури.
 Вартість ЗТЗ ЗРК складається з вартостей ЗТЗ його складових частин:

$$C_{ЗТЗ\ ЗРК} = \sum_{j=1}^M C_{ЗТЗ\ j} = \sum_{j=1}^M (C_{ЗТЗ\ j} + C_{ЗТЗ\ j}^{Екс}), \quad (9)$$

де $C_{ЗТЗ\ j}$ – витрати на ЗТЗ j -ої складової частини ЗРК, – витрати на придбання (покупку, виробництво) і введення в експлуатацію ЗТЗ, $C_{ЗТЗ\ j}^{Екс}$ – витрати на експлуатацію ЗТЗ.

Початковими даними для оцінювання витрат на УТЗ ЗРК є:

- загальна кількість номенклатур УТЗ, необхідна для забезпечення тренувань бойового розрахунку ЗРК;
 - кількість УТЗ k -ої номенклатури ($k = \overline{1, K}$), необхідних для забезпечення тренувань бойового розрахунку ЗРК;
 - загальні витрати на придбання (покупку, виробництво) і введення в експлуатацію УТЗ k -ої номенклатури;
 - термін служби УТЗ k -ої номенклатури;
 - річні витрати на експлуатацію УТЗ k -ої номенклатури.
 Вартість УТЗ ЗРК складається з вартостей УТЗ бойових засобів, що входять до складу ЗРК:

$$C_{УТЗ\ ЗРК} = \sum_{i=1}^m C_{УТЗ\ i} = \sum_{i=1}^m (C_{УТЗ\ i}^{Придб} + C_{УТЗ\ i}^{Екс}), \quad (10)$$

де $C_{УТЗ\ i}^{Придб}$ – витрати на УТЗ для i -го бойового засобу ЗРК ($i = \overline{1, m}$), $C_{УТЗ\ i}^{Екс}$ – витрати на придбання (покупку, виробництво) і введення в експлуатацію УТЗ для i -го бойового засобу ЗРК, $C_{УТЗ\ i}^{Екс}$ – витрати на експлуатацію УТЗ для i -го бойового засобу ЗРК.

Витрати на доставку ЗРК замовнику розраховуються за формулою:

$$C_{Дост} = \sum_{i=1}^M C_{тран\ j} + C_{СмН} + C_{СлБР} + C_{КСпр} + C_{ТранЗРК} \quad (11)$$

де $C_{тран\ j}$ – витрати на транспортування j -ої складової частини ЗРК до місця проведення стикувальних робіт, $C_{СмН}$ – витрати на проведення стикувальних робіт і настрійку складових частин у складі ЗРК, $C_{КСпр}$ – витрати на проведення контрольної стрільби, $C_{ТранЗРК}$ – витрати на транспортування ЗРК до місця експлуатації.

Витрати на застосування ЗРК за призначенням включають витрати на утримання бойового розрахунку (БР), витрати на паливно-мастильні матеріали (ПММ) і витрати на технічне обслуговування і ремонт (ТОіР) ЗРК:

$$C_{ЗРК} = C_{БР} + C_{ПММ}^{нотр} + C_{ТОіР}. \quad (12)$$

Витрати на утримання бойового розрахунку ЗРК оцінюються (розраховуються), виходячи з кількості осіб бойового розрахунку ЗРК $n_{БР}$, середніх річних витрат на утримання однієї особи БР $C_{1члБР}^{рік}$ і терміну служби ЗРК $T_{сл}$ за формулою:

$$C_{БР} = T_{сл} n_{БР} C_{1члБР}^{рік}. \quad (13)$$

Витрати на ПММ оцінюються (розраховуються), виходячи з питомих витрат ПММ на 1 км пробігу або 1 год

бойової роботи ЗРК $C_{ПММ}^{1км(1г)}$ норм річної витрати ресурсу ЗРК $L_{напр}^{рік}$ і терміну служби ЗРК за формулою:

$$C_{ПММ} = C_{ПММ}^{1км(1г)} L_{напр}^{рік} T_{сл}. \quad (14)$$

Питомі витрати ПММ на 1 км пробігу або 1 год бойової роботи ЗРК розраховується за формулою [17, 19]:

$$C_{ПММ}^{1км(1г)} = g_{П} \left(1 + \frac{k_{П}}{100}\right) (U_n + U_M \frac{g_{П}}{100} + U_{OP} \frac{g_{OP}}{100}), \quad (15)$$

де $g_{П}$ – норма витрати палива; $k_{П}$ – сумарна надбавка до норми витрати палива; U_n , U_M , U_{OP} – оптова ціна палива, моторного масла і охолоджуючої рідини відповідно; g_M , g_{OP} – норма витрати моторного масла (охолоджуючої рідини) на 100 літрів витрати палива.

Витрати на технічне обслуговування і ремонт (ТОіР) ЗРК складаються з витрат на (ТОіР) бойових і технічних засобів, що входять до складу ЗРК.

Для обґрунтування (оцінювання) витрат на ТОіР ЗРК повинні бути отримані або визначені такі дані:

- загальна кількість видів ТОіР ЗРК;
 - кількість ТОіР q_j -го виду, яке має проводитися протягом одного року (планується провести в i -му році);
 - види ТОіР j -ї складової частини ЗРК;
 - витрати на проведення q_j -го виду ТОіР j -ї складової частини ЗРК;

Витрати на технічне обслуговування і ремонт j -ї складової частини ЗРК розраховуються за формулою:

$$C_{ТОіРj} = T_{сл} n_{ТОіРj} C_{ТОіРj} K_j, \quad (16)$$

де $T_{сл}$ – планований термін служби ЗРК; $n_{ТОіРj}$ – кількість ТОіР q_j -го виду, яке планується провести за рік; K_j – кількість видів ТОіР (без урахування капітального ремонту) зразка, спланованих на рік; $C_{ТОіРj}$ – витрати на проведення ТОіР q_j -го виду.

Витрати на капітальний ремонт ЗРК складаються з витрат на капітальний ремонт бойових і технічних засобів, що входять до складу ЗРК.

Витрати на капітальний ремонт (КР) ЗРК розраховуються за формулою:

$$C_{КР} = \sum_{i=1}^K (U_{КРi} + 2C_{тран\ i}^{КР}), \quad (17)$$

де $U_{КРi}$ – вартість i -го капітального ремонту зразка; $C_{тран\ i}^{КР}$ – витрати на транспортування ЗРК до місця проведення i -го КР або зворотне.

Витрати на утилізацію ЗРК складаються з витрат на утилізацію бойових і технічних засобів, що входять до складу ЗРК і можуть бути оцінені за формулою:

$$C_{ум} = U_{ум} - U_{ЗРК} k_{ЗЧ}^{ум} + C_{тран}^{ум}, \quad (19)$$

де $U_{ум}$ – вартість утилізації ЗРК; $U_{ЗРК}$ – вартість ЗРК; $k_{ЗЧ}^{ум}$ – коефіцієнт залишкової вартості зразка у момент утилізації (показує вартість обладнання і запасних частин ЗРК, які не підлягають утилізації та залишаються для подальшого використання); $C_{тран}^{ум}$ – витрати на транспортування зразка до місця проведення утилізації.

Витрати, вказані у формулах (1 – 18), повинні розраховуватися з урахуванням дисконтування стосовно розрахункового моменту часу (t_p).

ВИСНОВКИ

Запропонований методичний підхід до оцінювання вартості ЖЦ може бути застосований для повного ЖЦ ЗРК, його окремих стадій і окремих складових частин в різних комбінаціях. Цей метод доцільно використовувати для економічного аналізу вартості ЗРК на різних стадіях його ЖЦ з метою прийняття рішень щодо управління ЖЦ. В подальшому необхідно удосконалювати науково-методичний апарат в частині розробки моделей оцінювання вартості ЖЦ ЗРК з урахуванням тривалості та трудомісткості витрат на виконання заходів різних стадій ЖЦ.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Голубев С.С., Кукушкина Г.Р. Проблемы развития системы управления полным жизненным циклом вооружения, военной и специальной техники. Экономика высокотехнологичных производств. 2020. Т. 1. № 4. С. 183—196. <https://doi.org/10.18334/evp.1.4.111157>.
2. Доброва К.Б., Лютова Е.А. Общая постановка задач развития экономических механизмов управления жизненным циклом вооружений, военной и специальной техники. Вопросы инновационной экономики. 2020. Т. 10. № 1. С. 375—386. <https://doi.org/10.18334/vines.10.1.100023>.
3. Шнягина Т.Ю., Шаменок Д.С., Каледина Э.В., Землянухин К.Ю. Перспективы развития технологии управления стоимостью жизненного цикла изделия. ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ». 2018. С. 286—293. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://book.sarov.ru/wp-content/uploads/2018/12/16-molodej-v2-2018-58.pdf>.
4. Кондусова В.Б., Кондусов Д.В. Разработка имитационной модели жизненного цикла сложных изделий машиностроения с длительным сроком эксплуатации на основе применения контракта жизненного цикла. Информационные технологии в проектировании и производстве. 2019. № 2 (174). С. 30—34. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37612860>.
5. Ростовцев С.А. Формирование контракта жизненного цикла продукции ОПК. Изв. Тульского гос. ун-та. Экономические и юридические науки. 2018. С. 96—100.
6. Кузнецова В.Б., Кондусов Д.В., Сергеев А.И. Принципиальные отличия контракта жизненного цикла изделия от существующей системы обеспечения вооружения от военной техники. Наука и бизнес: пути развития. 2017. № 11 (77). С. 16—19. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32424714>.
7. Опрышко Н.В., Лычагина Д.А. Сравнительный анализ бизнес-моделей жизненного цикла в отечественной и зарубежной практиках. Московский экономический журн. 2020. № 7. С. 372—379. <https://doi.org/10.24411/2413-046X-2020-10489>.
8. RTO TR-SAS-054. 2007. Methods and models for life cycle costing RTO-SAS-054 Task Group Technical Report.
9. RTO TR-SAS-069. 2009. Code of practice for life cycle costing RTO-SAS-069 Task Group Technical Report. Available at: www.rto.nato.int.
10. ГОСТ Р 58302–2018. Управление стоимостью жизненного цикла. Номенклатура показателей для оценивания стоимости жизненного цикла изделия. Общие требования. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200161753>.
11. ГОСТ Р 55931–2013. Интегрированная логистическая поддержка экспортируемой продукции военного назначения. Стоимость жизненного цикла продукции военного назначения. Основные положения. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.rts-tender.ru/poisk/gost/r-55931-2013>.
12. ГОСТ Р 27.202–2012. Надежность в технике. Управление надежностью. Стоимость жизненного цикла. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data/543/54338.pdf>.
13. Ростовцев С. А. Основные методы и модели определения стоимости жизненного цикла продукции ОПК. Изв. Тульского гос. ун-та. Экономические и юридические науки. 2017. С. 42—47.
14. Гольцов А.Е., Молоканов Н.А. Обзор и анализ принципов и методов определения стоимости разрабатываемого оборудования для объектов использования атомной энергии. Атомная энергия. 2016. Т. 120. Вып. 5. С. 282—292.
15. Третьяков О.В. Математическая модель оценки стоимости основных этапов жизненного цикла корабля с использованием систем информационной поддержки. Программные продукты и системы. 2014. № 2. С. 125—130.
16. Тихонов А.И., Лазников Н.М., Зуева Т.И. Применение показателя стоимости жизненного цикла инновационного изделия на авиапромышленном предприятии. Электрон. журн. «Труды МАИ». М. 2013. Вып. 70. С. 1—19. <http://trudymai.ru/upload/iblock/ec5/ec57f022968dbf7727bb59026dda1344.pdf>.
17. Быков В.А., Парненко А.А., Парников А.Е., Шариков А.В. Подход к формированию методики оценки стоимости жизненного цикла беспилотного воздушного судна вертолетного типа. Радиопромышленность. 2020. Т.30. № 4. С. 62—71. <https://doi.org/10.21778/2413-9599-2020-30-4-62-71>.
18. Широков А.В., Чапра Н.В. Оценка стоимости инновационного продукта на разных стадиях проектирования. Инновации. 2016. № 1(207). С. 109—114 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://maginnov.ru/assets/files/volumes/2016.01/ocenka-stoimosti-innovacionnogo.pdf>.
19. Лукьянчук В., Николаев И., Васильев В., Запара Д., Фоменко Д., Кобзев В., Третьяк В. Описательная модель задачи обоснования стоимости полного жизненного цикла зенитной ракетной системы с использованием информационных технологий. ГРААЛЬ НАУКИ. 2021. № 1. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.19.02.2021.028>.
20. Зубарев В.В., Ланецкий Б.М., Лук'янчук В.В., Николаев І.М. Системно-концептуальні аспекти управління

ня повним життєвим циклом системи зенітного ракетного озброєння. Озброєння та військова техніка. 2020. №2 (26). С. 3—12. [https://doi.org/1034169/2414-0651.2020.2\(26\).3-12](https://doi.org/1034169/2414-0651.2020.2(26).3-12).

21. Ланецкий Б.Н., Лукьянчук В.В., Кириллова Н.И., Артеменко А.А. Модель оценивания стоимости эксплуатации сложных технических систем по техническому состоянию. Общие положения. Системы озброєння і військова техніка. 2013. Вип. 1 (33). С. 87—90.
22. Ланецкий Б.Н., Лукьянчук В.В., Кириллова Н.И., Артеменко А.А. Модель оценивания стоимости эксплуатации сложных технических систем по техническому состоянию. Основные расчетные соотношения. Системы озброєння і військова техніка. 2013. Вип. 4(36). С. 82—86.

REFERENCES

1. Golubev, S.S. & Kukushkina, G.R. (2020), "Problemy razvitiia sistemy upravleniia polnym zhiznennym tsiklom vooruzheniia, voennoi i spetsialnoi tekhniki" [Problems of development of the control system for the complete life cycle of weapons, military and special equipment], *Economics of high-tech industries*. Vol. 1. No. 4. Pp. 183—196.
2. Dobrova, K.B. & Lyutova, E.A. (2020), "Obshchaia postanovka zadach razvitiia ekonomicheskikh mekhanizmov upravleniia zhiznennym tsiklom vooruzhenii, voennoi i spetsialnoi tekhniki" [General formulation of the tasks of development of economic mechanisms for managing the life cycle of weapons, military and special equipment], *Issues of innovative economics*. Vol. 10. No. 1. Pp. 375—386.
3. Shniagina, T.U., Shamenok, D.S., Kaledina, E.V. & Zemlianukhin, K.U. (2018), "Perspektivy razvitiia tekhnologii upravleniia stoimosti zhiznennogo tsikla izdeliia" [Prospects for the development of technology for managing the cost of the life cycle of a product], *FSUE RFNC-VNIIEF*. Pp. 286—293.
4. Kondusova, V.B. & Kondusov, D.V. (2019), "Razrabotka imitatsionnoi modeli zhiznennogo tsikla slozhnykh izdelii mashinostroeniia s dlitel'nyim srokom ekspluatatsii na osnove primeneniia kontrakta zhiznennogo tsikla" [Development of a simulation model of the life cycle of complex mechanical engineering products with a long service life based on the use of a life cycle contract], *Information technology in design and production*, No. 2(174). Pp. 30—34. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37612860>.
5. Rostovtsev, S.A. (2018), "Formirovanie kontrakta zhiznennogo tsikla produktsii OPK" [Formation of the life cycle contract for defense industry products], *Bull. of the Tula State Univ. Economic and legal sciences*. Pp. 96—100.
6. Kuznetsova, V.B., Kondusov, D.V. & Sergeev, A.I. (2017), "Printsipialnye otlichiia kontrakta zhiznennogo tsikla izdeliia ot sushchestvuiushchei sistemy obespecheniia vooruzheniia i voennoi tekhniki" [Fundamental differences between the product life cycle contract and the existing system for providing weapons and military equipment], *Science and business: ways of development*. No. 11(77). Pp. 16—19. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32424714>.
7. Opryshko, N.V. & Lychagina, D.A. (2020), "Sravnitelnyi analiz biznes-modelei zhiznennogo tsikla v otechestvennoi i zarubezhnoi praktikah" [Comparative analysis of business models of the life cycle in domestic and foreign practices], *Moscow Economic J.* No. 7. Pp. 372—379.
8. RTO TR-SAS-054. 2007. Methods and models for life cycle costing RTO-SAS-054 Task Group Technical Report.
9. RTO TR-SAS-069. 2009. Code of practice for life cycle costing RTO-SAS-069 Task Group Technical Report. Available at: www.rto.nato.int.
10. GOST R 58302—2018. "Upravlenie stoimosti zhiznennogo tsikla" [Life Cycle Cost Management] Nomenclature of indicators for assessing the cost of the product life cycle. General requirements. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200161753>.
11. GOST R 55931—2013. "Integrirovannaia logisticheskaiia podderzhka eksportiruemoi produktsii voennogo naznacheniia" [Integrated logistics support for exported military products], *Life cycle cost of military products, Basic provisions*. Available at: <https://www.rts-tender.ru/poisk/gost/r-55931-2013>.
12. GOST R 27.202—2012. "Nadezhnost v tekhnike" [Reliability in technology], *Reliability management. Life cycle cost*. Available at: <https://files.stroyinf.ru/Data/543/54338.pdf>.
13. Rostovtsev, S.A. (2017), "Osnovnye metody i modeli opredeleniia stoimosti zhiznennogo tsikla produktsii OPK" [Basic methods and models for determining the cost of the life cycle of products of the defense industry], *Bull. of the Tula State Univ. Economic and legal sciences*. Pp. 42—47.
14. Goltsov, A.E. & Molokanov, N.A. (2016), "Obzor i analiz printsipov i metodov opredeleniia stoimosti razrabatyvaemogo oborudovaniia dlia obektov ispolzovaniia atomnoi energii" [Review and analysis of principles and methods for determining the cost of equipment being developed for nuclear energy facilities], *Atomnaia Energiia*. Pp. 282—292.
15. Tretiakov, O.V. (2014), "Matematicheskaiia model otsenki stoimosti osnovnykh etapov zhiznennogo tsikla korablia s ispolzovaniem sistem informatsionnoi podderzhki" [Mathematical model for assessing the cost of the main stages of the life cycle of a ship using information support systems], *Software products and systems*. No. 2. Pp. 125—130.
16. Tikhonov, A.I., Laznikov, N.M. & Zueva, T.I. (2013), "Primenenie pokazatelya stoimosti zhiznennogo tsikla innovatsionnogo izdeliia na aviapromyshlennom predpriatii" [Application of the indicator of the life cycle cost of an innovative product at an aircraft industrial enterprise], *Proc. of the MAI: Electronic J. Iss.* 70. Pp. 1—19. Available at: <http://trudymai.ru/upload/iblock/ec5/ec57f022968dbf7727bb59026dda1344.pdf>.
17. Bykov, V.A. (2020), "Podhod k formirovaniu metodiki otsenki stoimosti zhiznennogo tsikla bespilotnogo vozdušnogo sudna vertoletnogo tipa" [Approach to the

- formation of a methodology for assessing the life cycle of a helicopter-type unmanned aerial vehicle], Radio industry. No. 4. Pp. 62—71.
18. Shirokov, A.V. & Chapra, N.V. (2016), "Otsenka stoimosti innovacionnogo produkta na raznyh stadiiah proektirovaniia" [Estimation of the value of an innovative product at different stages of design], Innovation. No. 1(207). Pp. 109—114.
 19. Lukyanchuk, V., Nikolaev, I., Vasiliev, V., Zapara, D., Fomenko, D., Kobzev, V. & Tretyak, V. (2021), "Opisatelnaia model zadachi obosnovaniia stoimosti polnogo zhiznennogo tsikla zenitnoi raketnoi sistemy s ispolzovaniem informacionnykh tekhnologii" [A descriptive model of the problem of justifying the cost of the full life cycle of an anti-aircraft missile system using information technologies], THE GRAL OF SCIENCE. (1).
 20. Zubarev, V.V., Lanetsky, B.M., Lukyanchuk, V.V. & Nikolaev, I.M. (2020), "Sistemno-kontseptualni aspekty upravlinnia povnim zhittevim tsiklom sistemi zenitnogo raketnogo ozbroennia" [System-conceptual aspects of control over the life cycle of the anti-aircraft missile defense system], Weapons and Military Equipment. No. 2(26). Pp. 3—12.
 21. Lanetsky, B.N., Lukyanchuk, V.V., Kirillova, N.I. & Artemenko, A.A. (2013), "Model otsenivaniia stoimosti ekspluatatsii slozhnykh tekhnicheskikh sistem po tekhnicheskomu sostoianniu. Obshchie polozeniia" [Model for estimating the cost of operation of complex technical systems by technical condition. General provisions], Systems of Weapons and Military Equipment. No. 1(33). Pp. 87—90.
 22. Lanetsky, B.N., Lukyanchuk, V.V., Kirillova, N.I. & Artemenko, A.A. (2013), "Model otsenivaniia stoimosti ekspluatatsii slozhnykh tekhnicheskikh sistem po tekhnicheskomu sostoianniu. Osnovnye raschetnye sootnosheniia" [Model for estimating the cost of operation of complex technical systems by technical condition. Basic design ratios], Systems of Weapons and Military Equipment. No. 4(36). Pp. 82—86.

**Lanetskii B., Lukyanchuk V., Nikolaev I.,
Zubarev O.**

METHODOLOGICAL APPROACH TO ESTIMATING THE COST OF ANTI-AIRCRAFT ROCKET COMPLEX AT DIFFERENT STAGES OF THE LIFE CYCLE

The typical structure of the life cycle cost of an anti-aircraft missile system is presented and the characteristic tasks in the field of technical and economic efficiency, which are solved at different stages of the product life cycle, are described. The main stages of the life cycle of the anti-aircraft missile system are analyzed and a methodological approach is developed, which can be used as a basis for the formation of methods for estimating the life cycle of the anti-aircraft missile system, which includes a large number of weapons and equipment.

The calculated ratios for estimating the cost of an anti-

aircraft missile system at different stages of the life cycle are given. It is shown that depending on the completeness and reliability of the initial data needed to estimate the cost of the life cycle of the anti-aircraft missile system, it is advisable to use a combination of analog-comparative and calculation methods.

Modern anti-aircraft missile systems are complex science-intensive weapons and military equipment with a long service life. In this regard, decisions on the development, production and purchase of anti-aircraft missile systems of a particular type should be made on the basis of technical and economic assessment of the total cost of acquisition, ownership and disposal of the product. Therefore, life cycle costing is the most important step in supporting the decision to develop (purchase) anti-aircraft missile systems. Thus accuracy of calculations and objectivity of this estimation allows to make the reasonable decision on expediency of participation in development and manufacture of anti-aircraft missile complexes of concrete type at the set restrictions of financial and other resources with an estimation of possible risks.

The high cost and technological complexity of modern anti-aircraft missile systems necessitates the improvement of scientific and methodological approach to estimating the cost of life cycle of anti-aircraft missile systems, which should take into account both resource and time constraints and the need to improve quality and efficiency.

Keywords: life cycle, life cycle stage, life cycle cost, anti-aircraft missile system, method, technique.

Відомості про авторів:

Information about the authors:

Ланецький Борис Миколайович

доктор технічних наук, професор
Заслужений діяч науки і техніки України,
провідний науковий співробітник науково-дослідного
відділу наукового центру Повітряних Сил Харківського
національного університету Повітряних Сил імені Івана
Кожедуба, м. Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-5889-0307>
e-mail: Laneckij.B.hnups@gmail.com

Boris Lanetskii

Doctor of science, professor
Honoured Scientific and Technical Worker of Ukraine
leading research associate of scientific research department
of scientific center of Air Force of Ivan Kozhedub Kharkiv
National Air Force University
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-5889-0307>
e-mail: Laneckij.B.hnups@gmail.com

Лук'янчук Вадим Володимирович

доктор технічних наук
старший науковий співробітник,
начальник науково-дослідного відділу наукового центру
Повітряних Сил
Харківського національного університету Повітряних
Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-5695-7723>
e-mail: super.vadim1973@ukr.net

Vadym Lukianchuk

Doctor of science, Senior Research
chief of scientific research department of scientific center
of Air Force of Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force
University, Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-5695-7723>
e-mail: super.vadim1973@ukr.net

Ніколаєв Іван Михайлович,

кандидат технічних наук
старший науковий співробітник
старший науковий співробітник наукового центру
Повітряних Сил Харківського національного
університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба,
м. Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-1250-9918>
e-mail: imnikolayev@gmail.com

Ivan Nikolaev

Candidate of Technical Sciences, Senior Research,
leading research worker of scientific center of Aircrafts Ivan
Kozhedub Kharkiv National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-1250-9918>
e-mail: imnikolayev@gmail.com

Зубарєв Олександр Валерійович

кандидат технічних наук
старший науковий співробітник
головний спеціаліст ДК “Укрспецекспорт”
м. Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-5590-7660>
e-mail: aleksanderzubarev@gmail.com

Oleksandr Zubarev

Candidate of Technical Sciences
Senior Researcher
Chief Specialist of SC «Ukrspesexport»,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-5590-7660>
e-mail: aleksanderzubarev@gmail.com

Стаття надійшла до редколегії 14.05.2021 р.